

REVISTA TECNOLÓGICO-INDUSTRIAL

PUBLICADA POR LA

ASOCIACIÓN DE INGENIEROS INDUSTRIALES

Barcelona, Diciembre 1916

Especialización o enciclopedia?

La conferencia dada recientemente por el eminente profesor Mr. León Guillet en la Sociedad de Ingenieros Civiles de París, cuyo extracto publicamos en el número anterior, sobre la reforma de la enseñanza técnica en Francia, viene a remover una cuestión que en este país ha sido muy debatida, sobre todo en lo que se refiere a nuestra carrera. Nos referimos a la cuestión de las especialidades, en la cual se han dado pasos en sentido contrario, y que si bien hoy está resuelta oficialmente en el sentido del título único, crea un malestar que demuestra que el estado actual de cosas no puede considerarse como definitivo. Al crearse nuestra carrera, a mediados del pasado siglo, los distinguidos ingenieros que intervinieron en ella ⁽¹⁾ se inspiraron, al parecer, en la «Gewerbe-Akademie» o Academia de industrias de Berlín, la cual fusionada en 1879, con la «Bau-Akademie» o Academia de Construcción, dió lugar a la actual «Hochschule» (Escuela técnica superior). La electricidad que en aquella época se hallaba en mantillas, en lo que toca a sus aplicaciones industriales, no podía dar origen a especialidad alguna, y la división de los ingenieros en mecánicos y químicos, copiada de Berlín, parecía responder a

(1) Según nuestras noticias fueron el Sr. Montesinos, sobrino del General Espartero y el Sr. Canalejas, padre del Presidente del Consejo de Ministros del mismo nombre.

la vez al estado de la técnica y a las necesidades del país. La facilidad que daba al mismo tiempo para los estudios, el abono de las asignaturas de carácter puramente científico, cursadas en las facultades de ciencias, reducía los estudios en la Escuela a tres años para cada especialidad y cuatro para las dos, combinando debidamente las asignaturas; de modo, que un bachiller o una persona de conocimientos equivalentes, podía prepararse en una facultad, cursando los tres primeros años de la carrera de ciencias exactas, y optar luego por seguir dicha carrera o ingresar en la Escuela de Ingenieros, donde con tres años más recibía uno de los dos títulos. Esta facilidad, semejante a la que da el bachillerato, suficiente para el ingreso, en Alemania o al sistema propuesto por Mr. Guillet en su citada conferencia, tenía varias ventajas: 1º Hacía más asequible el estudio de la carrera a los alumnos de modesta posición; 2º permitía orientarse al alumno a una edad en que ya tenía discernimiento y no dar por perdidos los años de preparación, si por cualquier circunstancia no llegaba a ser ingeniero, y 3º dada la edad a que se solía terminar el bachillerato; los ingenieros que cursaban una sola especialidad, podían salir de la Escuela de 21 a 22 años, y con un año más los pocos que cursaban las dos especialidades a la vez.

No tratamos ahora de discutir las ventajas del ingreso por la facultad de ciencias, cuestión complejísima que merece capítulo separado; lo que queremos hacer resaltar es que, a pesar de la acertada división en especialidades, combinada con las facilidades para la preparación, el sistema tenía defectos que ocasionaron su supresión. Una de las más palpables aparece al consultar los anuarios de la Asociación de Ingenieros. Basta fijarse en los ingenieros con título anterior a 1905, época en que empezaron a salir de las escuelas los ingenieros que debían cursar forzosamente por el plan de título único, para ver que el número de mecánicos era muy superior al de químicos, y que aun entre éstos, hay muchos dedicados a industrias mecánicas, dándose también, aunque más raramente, el caso contrario. Estos hechos demuestran la falta de campo de actividad con que se han encontrado nuestros ingenieros químicos, ya sea por el poco desarrollo de las industrias correspondientes, ya por estar muchas de ellas en manos de empre-

sas extranjeras, que preferían emplear personal de su nacionalidad. Otra circunstancia que ha contribuido a aumentar la confusión, consiste en que precisamente las dos grandes industrias genuinamente españolas que han podido dar salida a muchos ingenieros químicos, como son la siderurgia y la fabricación de azúcar, tienen una parte mecánica tan importante, que no sólo han tenido cabida en ellas muchos ingenieros mecánicos, sino que han contribuido en gran manera a crear esta enseñanza enciclopédica que tanto se critica, sin pesar muchas veces sus ventajas e inconvenientes.

Un hecho positivo que en el terreno oficial corrobora esta afirmación figura en la creación de la Escuela de Ingenieros Industriales de Bilbao. Establecida dicha escuela, como se sabe, por iniciativa y a cargo de las corporaciones locales, era natural que procuraran darle una orientación en armonía con las necesidades de la región, y aunque lo más lógico hubiera sido crear una escuela independiente, semejante a la de Minas de St. Etienne de Loire (Francia) que forma mineros y metalurgistas, como no podían pensar en una segunda escuela de Minas que había sufrido el veto del Cuerpo, se adaptaron, buscando un título oficial, a nuestra carrera, juntando las dos especialidades en un título único, semejante al que da la Escuela Central de Artes y Manufacturas de París o la Escuela de Minas de Lieja (Sección de artes y manufacturas), en la cual habían estudiado algunos ingenieros bilbaínos. Esta tendencia suscitó la protesta de la Escuela de Barcelona que, fiel a su tradición, mantuvo hasta el último momento el criterio de las especialidades, hasta el punto de proponer, casi por la misma época, la creación de una especialidad eléctrica, que rechazó el Consejo de I. P., no siendo ajenos a ello los ingenieros de otros ramos, que temían ver mermadas con ella sus atribuciones oficiales. Pero en cambio el elemento oficial de nuestra clase y con él los aspirantes a serlo, vieron con gusto el título único que daría más cohesión a la clase y pondría fin a esas contradicciones entre la especialidad y la profesión, que tanto se nos habían echado en cara. Consecuencia de estas tendencias fué el plan de estudios establecido en 1902 para la Escuela de Madrid, recientemente creada, al cual debieron adaptarse las otras dos

Escuelas. Pero tanto al redactar dicho plan como al reformarlo en 1907, dándole la forma que hoy rige, el Ministerio de I. P. asesorado por los Claustros de las Escuelas, especialmente por las de Madrid y Barcelona, no supo hacer otra cosa que yuxtaponer los planes antiguos por especialidades, con lo cual evitó que prosperara la lamentable tendencia de los iniciadores de la Escuela de Bilbao hacia la reducción de la base científica, pero en cambio, entre la yuxtaposición citada y las adiciones que han traído consigo el desarrollo de la electrotécnica y las malditas consideraciones de competencia legal, se sobrecargó de tal manera la carrera, que su estudio, partiendo del bachillerato, exige a la mayoría de alumnos unos ocho años, habiéndose elevado la edad de salida a 24 o 25 años, precisamente cuando en Francia se clama en todos los tonos contra la edad excesiva a que sus ingenieros empiezan a ejercer la profesión. Y si esto se une el que los que quieren dedicarse exclusivamente a la construcción mecánica, dan como perdido el tiempo destinado a estudios químicos, y que en el caso contrario sucede una cosa igual, se comprenden las causas del malestar que se siente y la necesidad de estudiar de nuevo el problema.

Lo primero que se ocurre es examinar lo que hacen las grandes naciones industriales extranjeras, en particular Francia, Alemania, Inglaterra y los Estados Unidos. El examen no es tan sencillo como a primera vista parece, porque la organización de la enseñanza técnica en dichas naciones parte, por lo general, de bases muy distintas; así mientras de las Hochschule alemanas salen desde los arquitectos a los ingenieros químicos, pasando por todas las variantes de caminos, mecánicos y electricistas, aun subdivididas muchas veces con minucioso detalle; en Francia, como en España, los arquitectos e ingenieros de caminos salen de escuelas especiales, y los ingenieros para la industria manufacturera proceden, en la vecina república, de la Escuela Central de Artes y Manufactureras que da un título único semejante al de nuestras escuelas de ingenieros industriales, con la particularidad de que las manufacturas del Estado francés toman sus ingenieros de la Politécnica (Escuela Preparatoria para todos los ingenieros del

Estado, incluso militares y artilleros), y la inspección de ferrocarriles está encomendada al Cuerpo de Minas.

Para no entrar en detalles prolijos, diremos solamente que las tres secciones que abarca nuestra carrera actual: mecánica, química y eléctrica en su relación con las industrias de transformación, están reunidas en la única Escuela oficial francesa en un título único, en Alemania corresponden a otros tantos títulos, a los cuales añaden algunas escuelas los ingenieros de construcción naval, los de locomotoras, los químicos técnicos, que no pueden considerarse como verdaderos ingenieros porque desconocen la construcción, los metalurgistas, etc. En Inglaterra y los Estados Unidos no hay en rigor verdaderas escuelas oficiales de ingenieros, como no sean los militares, pero las escuelas más importantes y equiparables a nuestras escuelas superiores, son especializadas, si bien sólo en los últimos cursos y con menos minuciosidad que en Alemania.

La ventaja parece, pues, estar en favor de la especialización y a primera vista, no faltará quien diga con esa simplicidad de reflexión, vecina de la pereza intelectual, que puesto que Alemania es la primera nación industrial y su enseñanza está especializada hasta el último extremo, se impone en España seguir el mismo camino si queremos hacer algo de provecho. No comparten, sin embargo esta opinión los eminentes técnicos franceses que se han ocupado recientemente de la cuestión, a pesar de reconocer otros defectos de la actual enseñanza francesa. Mr. A. Pelletan, el malogrado subdirector de la Escuela Nacional de Minas de Francia, que trabajó resueltamente en sus últimos años por la reforma de la misma, después de hacer notar que sus alumnos debían abarcar la Mecánica, la Electricidad, la Metalurgia y la Minería, se limitaba a pedir su subdivisión en dos grandes grupos. Mr. León Guillet, en su reciente conferencia, discute muy detenidamente esta cuestión y se pronuncia decididamente contra la especialización de las grandes escuelas francesas, sosteniendo que estando llamados sus alumnos a ser con el tiempo directores de importantes industrias, sus estudios no deben ser especializados, porque *la especialización no forma jefes*. En apoyo de sus palabras cita la opinión de un ilustre ingeniero alemán, M. Conrad Matchoss, que

decía, en 1912⁽¹⁾: «Las *Hochschulen* presentan el defecto de una especialización exagerada. Se ha creado un número demasiado grande de secciones que se desconocen entre sí, de modo que se forman químicos, electricistas, constructores de máquinas, pero no ingenieros con conocimientos generales de su profesión. Es necesario, sin suprimir las secciones generales, organizar una enseñanza que les sea común. No hay duda de que las Universidades proporcionan una enseñanza científica general; pero permanecen demasiado alejadas de las consideraciones prácticas para preparar útilmente para el ejercicio de la profesión de ingeniero». Y Mr. Guillet añade como prueba la humilde condición a que están reducidos la mayoría de ingenieros especialistas salidos de las Escuelas superiores alemanas, que raras veces se ven al frente de grandes empresas industriales. Se les ha hecho especialistas y no han salido nunca de aquí. La especialización debe guardarse, según Mr. Guillet, para otra categoría de técnicos más numerosa que los ingenieros de las grandes escuelas, cuya formación debe reservarse a centros de enseñanza libres o a institutos universitarios, como los de Nancy, Lion, Tolosa, Grenoble o París que forman principalmente químicos o electricistas.

Pero, se dirá, si en Alemania los alumnos de las *Hochschulen* no llegan a grandes posiciones, la prosperidad industrial del país es innegable y hay que sacrificar el interés particular al general. La reflexión sería muy lógica si hubiese la seguridad de encontrar particulares bastante inocentes para sacrificarse, sobre todo en un país como el nuestro que, por dón de la naturaleza, ofrece otras fuentes de vida que la industria. Una carrera técnica superior, aun reduciendo el número de años, exige una profundidad de estudios que bien merece, por lo menos, la esperanza de ocupar grandes puestos, y, aparte de esto, la formación de hombres destinados a ocuparlos es tan necesaria como la de detallistas.

Como ejemplo de las ventajas de la enseñanza enciclopédica, citaremos algunos casos que hemos podido comprobar personalmente. Nuestras fábricas azucareras trajeron en un principio, para jefes de fabricación, especialistas extranjeros procedentes de es-

(1) *Stahl und Eisen*, vol. XXXII, pág. 217.

cuelas establecidas en comarcas azucareras de Alemania o de Francia. Hemos tenido ocasión de conocer algunos de ellos y de apreciar que, si en la obtención de un buen rendimiento de la remolacha eran muy aptos, en todas las cuestiones de carácter general que se salían de su ramo, estaban a merced del personal auxiliar de la fábrica: maquinistas, electricistas y hasta albañiles. En cambio varios compañeros nuestros que, en número menor del que fuera de desear, se han dedicado con fe a esta fabricación, si bien al salir de la escuela estaban en condición de inferioridad respecto de los citados extranjeros, en cuanto han pasado el aprendizaje de la profesión, han sido verdaderos jefes justamente apreciados, porque no sólo dirigían la fabricación, sino que imponían su superioridad al personal auxiliar de todo género, y eran aptos para proyectar nuevas instalaciones, tanto por lo que se refería a los aparatos especiales de la industria como a los edificios, fuerza motriz, transmisiones, alumbrado y otros servicios generales.

Otro ejemplo curioso es el de un compañero nuestro que, llamado a prestar sus servicios como consultor para asuntos oficiales y de construcción en una importante fábrica extranjera de productos especialísimos, aquí establecida, ha acabado por asumir la dirección completa, al quedar vacante ésta, gracias a la confianza que había inspirado a los propietarios.

Y en cambio, puestos ya en el terreno anecdótico, referiremos lo que un distinguido compañero nuestro, que ha hecho profundos estudios en Alemania, nos cuenta, precisamente cuando estamos escribiendo estas líneas, sobre la conversación que oyó con motivo de una visita a una tintorería de aquel país, a la cual asistió junto con un profesor y varios alumnos de la especialidad química de una «Hochschule». «Vuestros ingenieros no me sirven, decía el industrial al profesor, porque no saben más que química, de modo que para estudiar una instalación mecánica tengo que llamar a un mecánico y para una instalación eléctrica a un electricista, y mi casa no es como la A. E. G. que puede tener numerosos ingenieros.»

Esta reflexión del modesto industrial alemán es aplicable a la mayoría de casas francesas y más todavía a las españolas, y dada nuestra manera de ser, es posible que se tarden todavía muchos años en crear esas grandes sociedades a estilo alemán que pue-

den disponer de un verdadero estado mayor de doctores para la investigación científica, ingenieros especialistas para el laboratorio y la fabricación general, mecánicos y electricistas para cada uno de estos servicios generales y arquitectos para las construcciones. Y aun cuando se crearan entidades de esta importancia, su dirección requeriría hombres con vastas miras que salen mejor de una enseñanza general que de una especialización exajerada.

Vemos, pues, que las excelencias de la especialización en la escuela, al menos por lo que se refiere a nuestra carrera, considerada como la llamada a la dirección de las industrias de transformación, es un asunto en el que es preciso andar con pies de plomo. Pero como por otra parte el estado actual de cosas con los estudios sobrecargados tal como están, no puede continuar indefinidamente, urge estudiar una solución que lo concilie todo. El examen de lo que sucede en otras carreras puede servirnos de guía. A este propósito recordamos una frase del malogrado ingeniero Sr. Burgaleta, honra de la clase, que fué uno de los iniciadores de la Escuela central de ingenieros industriales y que a conocimientos técnicos pero comunes, reunía un gran sentido práctico y mucha habilidad en materia administrativa. Dicho compañero, a raíz de la creación de la Escuela de Madrid, defendía el título único, fundando su conveniencia en la cuestión de los derechos oficiales de que no se puede prescindir en nuestro país, y nos decía, cuando le objetábamos la dificultad de que una carrera abarcara materias tan diversas: «Acaso los médicos no tienen un título único, siendo tan vasta como es la medicina?» Es evidente que en esta carrera hay un mínimo de estudios generales indispensable para poder tratar un organismo tan complejo como es el cuerpo humano, pero aparte de que el organismo de una industria ofrece también gran complejidad; el hecho es que la fuerza de las circunstancias ha impuesto a los médicos el estudio de la carrera de un modo general, dejando la especialización para después de terminados los cursos normales de la facultad.

Por este camino hay que buscar la solución en nuestra carrera, tanto si continúa el título único actual, como si se descompone de nuevo la carrera en las antiguas especialidades mecánica y química, a las cuales podrían juntarse respectivamente, sin constituir ramas separadas, la electrotecnia y la metalurgia. En cuanto a

la creación de la carrera oficial de ingeniero electricista o metalurgista, es inútil hacerse ilusiones por ahora, porque aparte de las otras desventajas de la excesiva especialización, el último título sufriría la oposición decidida del Cuerpo de Minas y el primero la de todos los Cuerpos, que verían en ello un ataque a las deplorables atribuciones oficiales, hijas de una organización política social que no está en nuestra mano modificar.

El mismo Mr. Guillet indica el modo de no sobrecargar demasiado los estudios, al exponer cómo debe entenderse la enseñanza enciclopédica. «La complejidad de las cuestiones industriales, dice, el número de problemas que se presentan cada día hacen que una enseñanza no pueda ser enciclopédica, sino limitándose a los *factores comunes* a todas las industrias y a las cuestiones primordiales de cada fabricación. Precizando más: ningún ingeniero puede ser formado por enseñanza enciclopédica si no tiene conocimientos profundos sobre todo lo que concierne a la resistencia de materiales, fuerza motriz, construcción general, materias primeras para la industria, en particular el valor de los productos metalúrgicos (comprendiendo las aleaciones), sus propiedades, su tratamiento y su empleo. Pero se concibe fácilmente que si tiene necesidad de conocer, para encontrarse en su puesto, los principios generales de las metalurgias, los métodos de la siderurgia y las metalurgias del cobre, del plomo y del zinc, no le es útil de ningún modo conocer en detalle las metalurgias del oro y de la plata. Es indispensable para él conocer las propiedades de los principales productos metalúrgicos y su variación con el tratamiento; cuestiones que seguramente deberá utilizar; pero en general le será inútil conocer las diferentes fases de la fabricación del antimonio y del platino». Siguiendo estas ideas, hace constar que la mayor dificultad para el buen profesor en una enseñanza de esta clase, es saber lo que debe callar para no extenderse demasiado, a lo cual se sienten tanto más inclinados los profesores cuanto mejor conocen la industria que explican.

Un alumno enseñado de esta manera por un profesorado escogido y que comprenda bien su misión, puede adquirir en un número de años relativamente corto los conocimientos necesarios para prestar servicios útiles en la industria, sin perjuicio de espe-

cializarse en el aprendizaje de la profesión, al que los mismos alumnos de escuelas especializadas no pueden sustraerse. Y en esa especialización la misma escuela puede ayudarle por medio de enseñanzas postescolares libres del todo, u obligatorias si se quiere para concurrir para determinados cargos públicos.

Reformando el plan de estudios de nuestra carrera con arreglo al criterio expuesto por M. Guillet, podría suprimirse, tanto en la sección mecánica como en la química, ciertas tecnologías como, por ejemplo, los ferrocarriles, la cerámica y la tintorería, y esta supresión, acompañada de la de ciertas aplicaciones de la Geometría Descriptiva, cuya utilidad es muy discutible en la práctica, y de la reducción de la Topografía a las verdaderas necesidades del Ingeniero Industrial, podría descargar los estudios, rebajando un año, por lo menos, la edad de salida de la Escuela, si persistía el título único y dos en caso de poder dividirlo en las dos secciones ya citadas de mecánico-electricistas y químico-metalurgistas.

La enseñanza postescolar, además de estar organizada para la investigación que permitiera formar doctores a la manera de los que salen de las escuelas alemanas y mejor aún de las inglesas o americanas, comprendería varias secciones especiales que cada Escuela desarrollaría a su manera, desde el momento que no serían obligatorias, con arreglo a las necesidades de cada región, y estas secciones podrían desarrollarse en varias formas: clases de día, para aquellos alumnos que no tuvieran necesidad de buscar colocación inmediata; de noche, para los que trabajando ya, quieran aprovechar las horas libres, y quizás el mismo sistema de enseñanza, por correspondencia, para los alumnos ausentes, podría tener una gran eficacia, tratándose de alumnos ya conocidos en la Escuela, con quienes los profesores podrían tener una relación más íntima que la que suele haber en esta clase de enseñanzas.

Con lo dicho creemos haber señalado las bases de una reforma que se impone a nuestras escuelas, si se quiere evitar que los sacrificios impuestos a sus alumnos sobrepujen a los resultados que pueda esperar de la carrera, y poco a poco se vayan retrayendo de la misma. Pero para que estas reformas sean posibles es de absoluta necesidad que el criterio de la libertad profesional vaya

unido a ellas. El título único o uno cualquiera de las especialidades señaladas, deben ser garantía suficiente para que el ingeniero industrial pueda guiar a los fabricantes en sus relaciones con la administración pública y las enseñanzas especializadas postescolares no han de dar exclusividad de género alguno, siendo a lo más indispensables para ciertas carreras del Estado, pero si benefician al alumno ha de ser únicamente por la suficiencia real, no legal, que adquiriera al estudiarlas con fruto.

JOSÉ SERRAT Y BONASTRE.

Barcelona, diciembre de 1916.



Los laboratorios nacionales de investigación científica

Con motivo de una nota presentada por el sabio ingeniero M. Henry Le Chatelier a la Academia de Ciencias de Francia sobre la necesidad de reformar la enseñanza científica en aquel país y la participación de la ciencia en su desarrollo económico e industrial, dicha entidad nombró una comisión que estudiara dichos extremos. La comisión acaba de presentar su informe, en el cual demuestra la necesidad de la creación de un laboratorio de investigación científica.

Por creer interesante dicho trabajo y tener al mismo tiempo bastante relación con nuestro país, hacemos un extracto del mismo para conocimiento de nuestros compañeros.

Todas las grandes naciones industriales, a excepción de Francia, poseen laboratorios nacionales de investigación científica, orientados sistemáticamente hacia los problemas técnicos, habiendo ejercido dichos laboratorios una acción fecunda sobre el desarrollo económico de los países que los han establecido. En Inglaterra, el «National Physical Laboratory», creado por iniciativa del profesor Glazebrook, su director actual, de Lord Rayleigh, Sir Robert Hadfield y bajo la inspección de la Sociedad real (Academia de Ciencias) de Londres, ha obtenido rápidamente un gran desarrollo, habiendo votado el Parlamento de este país para después de la guerra, la cifra de más de un millón de francos anuales para el fomento de la investigación científica.

En los Estados Unidos, el «Bureau of Standard» dispone de créditos todavía mayores que el citado anteriormente, y además el Ministerio de Agricultura de Washington y los diversos Estados, consagran anualmente más de 20 millones para el sostenimiento de laboratorios y estaciones experimentales, que trabajan en las investigaciones de la ciencia agrícola.

En fin, la célebre Institución Carnegie, fundada con un capital de 100 millones, ha creado centros de estudio famosos ya, por los

trabajos publicados. En Alemania, el «Physikalische Reichsanstalt» ha sido creado bajo el impulso de la Werner Siemens; más recientemente, el «Technische Reichsanstalt» ha alcanzado un nombre considerable bajo la dirección del profesor Martens, y hoy día, para terminar, la «Wilhelm Gesellschaft» funda numerosos Institutos de investigación, gracias a la subvención de 30 millones puestos a la disposición del emperador por los grandes industriales alemanes.

Francia no puede continuar indiferente delante de este movimiento científico. En el pasado, durante mucho tiempo, han nacido aquí la mayor parte de las iniciativas hacia la aplicación de los descubrimientos científicos al progreso de la industria. Podríamos citar los trabajos de Vicat sobre cementos, las investigaciones sobre cerámica empezadas por Brongniart en la fábrica de Sévres y continuadas por Salvetat, Ebelmen y Vogt; los estudios de Regnault sobre las propiedades del vapor de agua, etc.; pero todos estos trabajos están ya un poco lejanos.

Hoy día se encuentran en Francia estudios y trabajos aislados sobre esta clase de investigaciones, y entre ellos se pueden citar: los trabajos de Rabut sobre el cemento armado, Eiffel sobre la resistencia del aire, etc.; pero todos ellos debidos a iniciativas individuales, sin ninguna organización permanente que asegure su continuidad en el caso de la desaparición de sus autores.

El papel preponderante de las ciencias experimentales sobre el desarrollo de la industria, es hoy día un hecho, fuera de discusión. Sin la intervención directa de la ciencia, hay que contentarse con copiar de los demás y tener una industria lánguida. La mayor parte de los progresos tan rápidos de estos últimos cincuenta años son debidos al empleo de los métodos científicos de trabajo. El laboratorio ha llegado a ser uno de los órganos más indispensables del taller moderno. No habiéndose llevado en Francia toda la atención necesaria sobre este problema, se ha dejado aventajar por otros países, y cuando después de la guerra los industriales quieran ganar el tiempo perdido, observarán que no son suficientes los laboratorios de los talleres, y que será necesario la implantación de laboratorios nacionales donde se puedan estudiar numerosos problemas que requieren instalaciones más completas que las existentes en el terreno privado. El empleo del método ex-

perimental exige a menudo el uso de procedimientos de medida perfeccionados y muy delicados, difíciles de introducir en los talleres particulares. Por otra parte, los gastos relativos a ciertas cuestiones de interés general, deben legítimamente ser soportados por el conjunto de contribuyentes.

Debido a la falta de organizaciones consagradas al estudio de los problemas de interés general se ha encontrado Francia, muy a menudo, con inferioridad respecto de otros países. En 1908, cuando la Conferencia de Londres, instituída con objeto de la revisión de las medidas eléctricas, Francia estuvo a punto de ser excluída de las investigaciones internacionales proyectadas, por no tener un laboratorio nacional autorizado para colaborar en esta clase de estudios. Fué necesario atribuir al laboratorio de la Sociedad internacional de Electricistas un carácter gubernamental ficticio, para que pudiera representar a la nación francesa.

Por la misma razón, muchos métodos de medición empleados en los laboratorios franceses son de origen extranjero. Los ensayos de cementos se hacen con la briqueta Michaëlis (Alemania), con la sonda Tetmajer (Hungría), etc. Recientemente se ha adoptado, de resultas de un acuerdo internacional, un procedimiento de ensayo de los metales, llamado de *barras entalladas*, de origen exclusivamente francés; pero su adopción fué votada en el Congreso de Copenhague, bajo la propuesta de uno de los directores de los talleres Krupp, presentada en nombre de una Comisión de ingenieros alemanes y apoyada en experiencias hechas en el Laboratorio de Gross Lichterfeld.

El estudio de los procedimientos de medida que sirven en los ensayos de materiales y máquinas, la elección de los espesores a medir para definir las cualidades de los materiales, pertenecen a los laboratorios nacionales, siendo esta función la que tienen encomendada en la mayoría de países. Para estudiar útilmente estos métodos de medición, conocidos impropriamente por reminiscencias del tiempo pasado, con el nombre de *métodos de ensayo*, hay que tener ocasión de ejecutar frecuentemente esta clase de ensayos y tener buena práctica, no siendo, sin embargo, su realización habitual una función esencial de los laboratorios nacionales. Los ensayos corrientes deben ser hechos normalmente en los laborato-

rios del taller y en los particulares, y en caso de desacuerdo, corresponde a los de la nación determinar la verdad. Esta clase de trabajos de un fin puramente particular, no deben ser costeados por el conjunto de contribuyentes, y en el National Physical Laboratory, todas las investigaciones de carácter particular son tarifadas a una cifra superior del 50 % de los gastos originados, aplicándose este excedente a las investigaciones de carácter general.

La función esencial de los laboratorios nacionales es la de proceder a investigaciones científicas de interés general para la industria, que no pueden reportar beneficios inmediatos, o a investigaciones interesantes a un grupo importante de establecimientos industriales, pero cuya realización paralela en todos los talleres traería consigo gastos inútiles. Como ejemplo de investigaciones de interés general, de provecho lejano, se pueden mencionar los estudios sobre la constitución de los metales y aleaciones proseguidos hoy día muy activamente en los tres grandes laboratorios de Londres, Washington y Berlín, los referentes a la constitución de los cementos hidráulicos proseguidos en Washington y Berlín. El conocimiento más completo de estos materiales, de un uso tan frecuente, es ciertamente ventajoso a la industria en general, aún que de ello resulten nuevos productos vendibles. De esta clase de investigaciones son las seguidas en diferentes laboratorios de la Institución Carnegie, por ejemplo las del Geophysical Laboratory sobre la constitución de los silicatos de la corteza terrestre y de las escorias industriales o las investigaciones del Nutrition Laboratory sobre la alimentación de los seres vivientes, etc.

Entre las investigaciones de una aplicación más inmediata e interesante a la vez a un gran número de establecimientos similares, se pueden mencionar los estudios efectuados en el laboratorio inglés sobre los útiles de acero rápido, sobre las propiedades y la fabricación de las aleaciones ligeras de aluminio, sobre las formas más convenientes de los cascos de los buques mercantes, sobre telas y barnices empleados en la construcción de aeroplanos y globos, etc.

El Laboratorio de Londres y también el de Berlín, aunque falten datos sobre los trabajos verificados por este último, han proporcionado, desde el comienzo de la guerra, a sus países, servicios inestimables. El Laboratorio de Londres, independientemente

de los estudios tenidos aún en secreto, ha trabajado mucho en poner en buenas condiciones la fabricación de los objetos de vidrio para laboratorio, importados generalmente de Alemania, antes de la guerra; ha precisado las dimensiones de las canalizaciones necesarias en los buques de guerra para la circulación de diferentes petróleos empleados en la calefacción de las calderas; ha obtenido medidas de gran precisión sobre coeficientes de viscosidad de diversos carburos de hidrógeno y sobre su variación en función de la temperatura; ha estudiado los aparatos de óptica empleados en la regulación del tiro de la artillería, etc. En Francia, donde se carece de una organización semejante, se notan sus consecuencias en su industria, por tener que ser feudos del extranjero, y especialmente en estos momentos actuales por no poder contar con los productos que procedían de Alemania.

Las investigaciones proseguidas por los laboratorios nacionales difieren completamente de las de los laboratorios científicos propiamente dichos. Aquéllos no sirven para descubrir hechos nuevos, pero sí para precisar por medio de ensayos múltiples, hechos conocidos solamente de una manera cualitativa. La fabricación de los relojes Seger, por ejemplo, no exige ningún invento; se conoce desde largo tiempo el hecho de bajar el punto de fusión del kaolín por la adición de bases alcalinas o alcalino térreas. Lo que hay que determinar por medio de ensayos muy precisos, es el número de grados que corresponden a cada adición de fundente. Son experiencias fastidiosas que obligan a la repetición de los mismos ensayos con mezclas de composición progresiva y diferente. Los sabios independientes, trabajan en sus laboratorios particulares, no conformándose voluntariamente a investigaciones semejantes, no siendo sus trabajos los de menor importancia. Los laboratorios organizados para su realización rinden a la industria y a la misma ciencia servicios iguales, muchas veces superiores a los de laboratorios orientados solamente para el descubrimiento de hechos nuevos. En todos los casos los dominios propios de estas dos categorías de laboratorios, son enteramente distintos.

El estudio de los detalles de organización de los laboratorios de investigación tiene una gran importancia para asegurar un buen rendimiento. El personal debe estar acostumbrado a los métodos

científicos de trabajo, y es indispensable y de todo punto esencial que en estos laboratorios, se apliquen a los problemas de la práctica, los recursos más completos de la ciencia. Se podría creer que se atribuye a los conocimientos técnicos una importancia igual a la de los conocimientos científicos, que se coloca en la misma categoría al ingeniero práctico y al sabio. Sería un error completo; un sabio puede asimilarse rápidamente los conocimientos prácticos útiles, pero la recíproca no es verdad. Un ingeniero de taller llegará difícilmente y puede ser que jamás, a asimilarse el uso de los métodos precisos de medición, si no tiene una base sólida obtenida en su juventud. El ejemplo de los laboratorios de los países donde los tienen establecidos, es bien evidente; el caso del National Laboratory de Londres es bajo este punto de vista un hecho tópicó. Su director, el profesor Glazebrook es un profesor de física conocido por sus trabajos de óptica teórica; el Consejo de dicho laboratorio está formado por mitad de miembros de la Sociedad real de Londres y tiene por presidente al de la Sociedad real, habiéndolo sido desde la fundación del laboratorio, Lord Rayleigh, Sir Archibald Geikie, Sir William Crookes y actualmente lo es J. J. Thomson. A pesar de esta orientación exclusivamente científica, este laboratorio ha llegado a obtener la confianza completa de los industriales. No vacilan éstos en encargarle de averiguar ciertos procedimientos de fabricación, a pesar de que esto se separa de las atribuciones normales de un laboratorio de investigación científica.

Para la dirección eficaz de semejante laboratorio hay que tener, a la par que conocimientos científicos bien comprendidos, una buena dosis de sentido común. Influencias muy poderosas tienden muchas veces a hacer separar la atención de los problemas más importantes, y cada sabio, director o jefe de servicio, tiene sus preferencias personales y tiene que resistir la tentación de sacrificar el interés general a su punto de vista particular. Los industriales, por otra parte, recomiendan muy a menudo investigaciones de interés dudoso o que presentan inconvenientes insuperables de realización. Un laboratorio nacional de investigación tiene que estar constantemente a la defensiva contra estas influencias perturbadoras; su éxito depende en mucho de las cues-

fiones ofrecidas a su estudio. Por otra parte, no es posible evitar estas dificultades delimitando rigurosamente el campo de actividad del laboratorio, pues su programa depende necesariamente de las condiciones diariamente variables. Cuando la creación del National Laboratory, no había nadie capaz de prever su papel capital en tiempo de guerra.

Aparte de la elección del personal, un segundo detalle de organización igualmente importante, es la división del laboratorio en servicios distintos. Sobre este punto, es aún más difícil formular prescripciones generales; hay que tener siempre muy en cuenta las condiciones exteriores del laboratorio, siendo un primer punto a tratar el de la repartición del conjunto de investigaciones de ciencia industrial, y si hay que agruparlas en un solo establecimiento o dividir las en una serie de laboratorios independientes. Es muy frecuente hoy día separar los laboratorios de ciencia agrícola de los de ciencia industrial propiamente dicha; pudiéndose proveer un tercer laboratorio consagrado a las industrias químicas, especialmente a las orgánicas. La industria del papel, por ejemplo, va unida, en Alemania, a los laboratorios de mecánica y a los de agricultura en los Estados Unidos. En Alemania, las ciencias industriales propiamente dichas tienen dos laboratorios: el Technische Reichsanstalt encargado de las industrias mecánicas y de ciertas químicas (metalurgia, cementos y papel) y el Physikalische Reichsanstalt, que se ocupa de los estudios relativos a electricidad, calor y óptica.

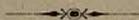
En cada laboratorio, hay que tener en cuenta otras divisiones interiores, separando las ciencias que necesitan el uso de aparatos de medida muy distintos. El empleo de dichos aparatos no puede ser igualmente familiar a cada sabio u operador del laboratorio, habiendo de este modo, las cinco secciones de meteorología, mecánica, electricidad, óptica y calor, pudiéndose separar una de otra estas secciones para obtener laboratorios distintos.

Esta división teórica por categoría de ciencia no es jamás completamente respetada en la práctica; muchas veces se está conducido a crear secciones especiales correspondientes, no a una ciencia elemental determinada, sino a una técnica particular, necesitando para su estudio completo el empleo simultáneo de diferentes

métodos de medida. En todos los países, hay una sección de metalurgia; hay también, como en Alemania una sección de cementos y otras de papeles o como en Inglaterra una sección para el estudio de los cascos de buques. En fin, ciertas comprobaciones ejecutadas en grandes cantidades a la vez, como pasa en los alcoholómetros, termómetros medicinales, etc., deben agruparse ventajosamente bajo el punto de vista de la organización del trabajo y la economía de la mano de obra, en subdivisiones especiales de tal o cual sección. Pero todas estas secciones y subsecciones suplementarias deben ser creadas solamente a medida de las necesidades reconocidas.

Al final del trabajo traducido, propone la Comisión la urgente necesidad de la creación de una institución de esta clase bajo la inspección de la Academia de Ciencias de aquel país, a semejanza del National Physical Laboratory de Londres, que depende de la Royal Society, obteniéndose de este modo una estrecha alianza entre la ciencia y la industria. La dirección de dicho laboratorio estaría confiada a un Consejo compuesto por miembros nombrados por la Academia de Ciencias de Francia, representantes de los diversos ministerios y delegados de los grandes sindicatos industriales. Una comisión técnica, poco numerosa, estaría encargada de inspeccionar la actividad del laboratorio, de admitir los asuntos objeto de estudio y de proponer el asunto relativo al nombramiento de personal.

En España, por desgracia, nuestros recursos son demasiado pobres para pensar en grandes instituciones semejantes al «National Laboratory» o al «Reichsanstalt», pero los esfuerzos realizados estos últimos años por el Ministerio de Fomento y el de Instrucción Pública deberían encauzarse hacia la creación de un centro de ensayos e investigaciones, donde a base de un presupuesto compatible con nuestros medios, juntaran sus esfuerzos los hombres de ciencia y los ingenieros, en vez de ir cada cual por su lado, acentuando las causas de pobreza científica que nos es característica.



NOTICIAS

EL MOTOR SOUTHWARK-HARRIS.—Este motor está basado en el principio del motor Diesel, pero se diferencia del mismo por los detalles, presentando, principalmente, la particularidad de no tener válvulas y tener algunas ventajas de gran importancia, que han venido explicadas, con todo detalle, en la revista *Steamship*.

Uno de los inconvenientes más serios del motor Diesel, en sus aplicaciones a la marina, es el tener que admitir dentro del cilindro, que está a alta temperatura, aire frío a presión elevada para la puesta en marcha y el cambio de marcha. Teniendo que hacer pasar el aire contenido en un recipiente a presiones de 40 a 60 kilos por conductos más o menos estrechos, la temperatura desciende debajo de cero, y este aire llega dentro del cilindro, que está a temperatura elevada, con peligro de que se rompa el cilindro, las tapas y los émbolos. Este es el caso de los motores marinos que, cuando llega un buque a puerto después de varias horas o días de marcha continua con los cilindros fuertemente calentados, el buque para atracar tiene que hacer en poco tiempo varias maniobras, de parada y puesta en marcha y marcha atrás, pasando sus cilindros bruscamente de temperaturas cercanas a cero a 500 grados y más; de lo cual resultan dilataciones y contracciones bruscas en sus partes interiores, con todas sus fatales consecuencias.

El motor que nos ocupa está proyectado de manera que jamás se introduce aire frío en los cilindros motores. Hay dos émbolos superpuestos, con el espacio suficiente, de los cuales el inferior forma la bomba de barrido, siendo este último quien recibe la acción del aire comprimido para la puesta en marcha, pasando del papel de bomba a la de motor, por la acción de la palanca de maniobra sobre las válvulas de admisión y escape del cilindro. Empujando esta palanca, la llegada del aceite en estado pulverizado tiene lugar y el motor gira aún bajo la acción del aire comprimido en el cilindro de barrido, hasta que la introducción de aire se produce normalmente en los cilindros motores para asegurar una marcha corriente.

Otra particularidad del motor Southwark-Harris consiste en que las tapas de los cilindros no llevan válvulas. Cada cilindro tiene solamente una leva, accionando sobre el pulverizador de aceite y el empleo del pistón auxiliar, de que hemos hablado, suprime la necesidad del empleo de válvulas de aire en las tapas. El aire para el barrido es introducido por lumbreras practicadas en la pared circular del cilindro; el gas de escape sale por otras lumbreras dispuestas en el lado opuesto, siendo abiertas y cerradas todas ellas por el paso del émbolo delante de ellas. La tapa del cilindro tiene solamente una abertura para el paso del petróleo.

Un inconveniente de los émbolos formando guías de los motores Diesel, es que hay que dar bastante juego entre los émbolos y las paredes del cilindro a causa de la dilatación de los primeros, especialmente en los motores a dos tiempos. Este juego hace que la presión lateral de la biela haga chocar el émbolo contra las paredes del cilindro unas veces a un lado, otras al otro, haciendo un ruido desagradable. En el nuevo motor, este inconveniente no existe, porque siendo la temperatura poco elevada en el émbolo de barrido que forma guía, éste no se dilata, pudiéndose, por lo tanto, dejarse ajustado. El pistón motor no desplazándose ya en el sentido lateral, puede tener todo el juego necesario, siendo sus segmentos los que lo hacen estanco.

Otra ventaja de esta disposición a doble émbolo es la de que, obrando el inferior como bomba de barrido, aspira el aire exterior, que siendo frío tiende a enfriar a los cilindros motores más enérgicamente que en el motor Diesel. Con la máquina Southwark-Harris se pueden quitar las válvulas de aspiración de barrido y la máquina continúa funcionando; dichas válvulas podrían, pues, romperse en marcha sin impedir que el buque continúe su ruta.

Este motor tiene un regulador especial que obra sobre la carrera de la bomba de aceite y hace variar, por lo tanto, la cantidad de combustible introducido según esta carrera. Puede ponerse en marcha este motor en cinco segundos, absolutamente igual que una máquina de vapor.

El aire a baja presión introducido en los cilindros de barrido pone a la máquina en marcha, aunque sea con carga, durante un tiempo tan prolongado como se desea, y una vez la velocidad normal es alcanzada, se admite el aceite en los cilindros motores. Por lo visto, se deduce que dicho aire no afecta en nada a los cilindros motores y esto es muy importante para ciertas aplicaciones, como ya hemos visto.

El cambio de marchas del motor Diesel, con el desplazamiento longitudinal del eje de levas, exige bastante fuerza a causa de la compresión de los resortes de las válvulas; en el nuevo motor solamente hay un tirante que desplazar por cilindro, de manera que el esfuerzo a ejercer para dicho cambio de marchas es muy pequeño, sea cual fuere la fuerza desarrollada por la máquina.

CARRILES DE SECCIÓN PESADA.—Los carriles cuyo peso excede de 50 kilogramos por metro lineal, son de uso excepcional; solamente se emplean en el caso de fuertes curvas y de grandes cargas que producen esfuerzos considerables.

En Europa el carril más pesado, salvo error, es el de 57 kilos del Estado belga, pero este peso ha sido sobrepujado en los Estados Unidos. El «Pennsylvania Railroad» ha puesto en servicio un carril de 62,5 kilos en las líneas muy cargadas, pero el record lo ha batido el «Central Railroad of New Jersey», que tiene un carril

de 67,5 kilos de peso por metro, colocado actualmente en 65 kilómetros de vía.

La «Pennsylvania Railroad» encargó en 1914, 15.000 toneladas de un carril de 62,5 kilos, colocado actualmente en 120 kilómetros de vía, y encargó para 1915, 37.500 toneladas más; por lo dicho puede verse que no se trata solamente de experiencias.

Creemos interesante dar las dimensiones de estos dos carriles, que son del tipo Vignole:

	Central Railroad of New-Jersey	Pennsylvania Railroad
Peso por metro lineal	67,5 kgs.	62,5 kgs.
Altura total	0,165 »	0,140 »
Ancho de la base	0,152 »	0,140 »
Ancho de la cabeza	0,080 »	0,076 »
Lados de la cabeza	inclinados	verticales
Altura de la cabeza	0,051 »	0,046 »
Altura del alma	0,083 »	0,086 »
Altura de la base	0,031 »	0,031 »
Espesor del alma	0,019 »	0,017 »
Radio de la parte superior de la cabeza .	0,355 »	0,305 »
Radio de unión de la cabeza y alma .	0,009 »	0,011 »
Radio de unión del alma y base	0,005 »	0,004 »
Proporción de la cabeza	40,3	38,9
Proporción del alma	21,9	20,3
Proporción de la base	37,8	40,8
Angulo en la cabeza para las eclisas .	14°	18°
Angulo en la base para las eclisas . .	14°	14°

MATERIAL MÓVIL PARA TRANSPORTES RÁPIDOS.—Las disposiciones de los coches de ferrocarril subterráneo eléctricos han sido recientemente modificadas en los Estados Unidos, para que se presten a las exigencias del servicio muy intenso de los metropolitanos.

Se empleaban automotores muy potentes remolcando otros coches. La tendencia actual es la de suprimir dichos remolques y poner motores en todos los coches, más ligeros y más potentes, a fin de poder emplear grandes coches sin pasar de la carga máxima admitida por eje.

La adopción de puertas laterales en lugar de las colocadas en los extremos, facilitan la entrada y ahorran las plataformas, donde los pasajeros se acumulaban; la construcción completamente de acero reduce, asimismo, los peligros de incendio. El «New York Municipal Railway» ha encargado 600 coches del modelo más reciente, y este sistema permitirá un aumento del tráfico de pasajeros que se elevará a 25 %. Estos nuevos coches tienen dimensiones inusitadas, 20,410 m. de longitud y 3,050 de ancho, pudiendo dar cabida a 270 viajeros. Este resultado es obtenido sin carga excesiva por eje, con el empleo de un motor de 140 caba-

llos en cada truc, lo que es suficiente, siendo motor cada coche. Un solo eje del truc es el motor, y para que este eje lleve la mayor parte del peso, la carga reposa sobre dicho truc de una manera excéntrica.

Los asientos están dispuestos en cuatro grupos servidos por tres pares de puertas laterales, suprimiendo así las engorrosas plataformas.

Se ha adoptado una interesante colocación de asientos transversales y longitudinales, a fin de conservar una justa proporción entre las plazas sentadas y las de pie, teniendo en cuenta la distancia que hay que salvar hasta la puerta en las paradas; gracias a esta disposición se ha podido llegar al número de 270 pasajeros en dichos coches. Realmente constituyen un gran progreso estos coches, bajo el punto de vista de reducir el peso muerto, el trabajo gastado en la tracción y la longitud de tren por viajero transportado.

LA PROPULSIÓN AÉREA DE LOS BUQUES.—El Boletín de la Sociedad de Ingenieros Civiles de Francia publica algunos datos interesantes sobre esta cuestión que en los últimos años ha hecho serios progresos, por lo cual creemos que ha de interesar a nuestros lectores.

A primera vista, se puede creer que un propulsor que gira en el aire no puede tener tanta eficacia como el que gira en el agua, por presentar este elemento más resistencia, pero hace algunos años se han hecho tales progresos en el estudio de las hélices aéreas, que su rendimiento ha llegado en algunos casos a ser superior del de las hélices sumergidas. Su empleo, como propulsor, está todavía en el período experimental y, por lo tanto, no hay que creer que se hayan obtenido todos los buenos resultados que hay que desear. Se ha podido comprobar, sin embargo, en los ensayos que se han hecho con los dos sistemas, que no hay ninguna diferencia en la velocidad entre buques similares accionados por uno u otro propulsor.

En vista de este hecho, parece que no hay razón para acudir al uso del propulsor aéreo, cuando las condiciones especiales de navegación no lo hagan necesario. Una de estas condiciones, y puede ser la más importante, es el poco calado de los buques que tienen que navegar por ciertos ríos, calados que a veces son inferiores a 0,300 m., lo cual no permite el empleo de hélices sumergidas. Hay muchos ríos, especialmente en las colonias, que están en estas condiciones. Es un inconveniente grandísimo para el comercio no poder emplear la propulsión mecánica, puesto que para obtener pequeñas velocidades, sería necesario grandes propulsores en comparación a la hélice sumergida.

Un ejemplo reciente es el de una gabarra establecida en el Tigris, en Mesopotamia, que está provista de una hélice aérea y de un motor semi-Diesel de 50 caballos.

Se podría creer que, si la hélice sumergida no es conveniente para los buques de poco calado, el propulsor aéreo se podrá emplear solamente en aquellos casos en que la velocidad creada sea grande y no de 5 a 6 kilómetros como suele necesitarse en ríos. Pero los resultados obtenidos con remolcadores y gabarras provistos de propulsores aéreos, prueban que las cosas no pasan de esta manera y que estos propulsores pueden ser aplicados tanto a los buques de capacidad relativamente considerable a poca velocidad, como para buques rápidos o hidroplanos. Parece ser que estas son las aplicaciones mejores de la propulsión aérea, y entre ellas, es en efecto donde se encuentra el mayor número de aplicaciones.

Una de ellas es la de un buque de 9 m. de longitud y 0,230 m. de calado, que lleva un motor de 15 caballos accionando una hélice de 2,400 m. de diámetro; dicho buque remolca de 15 a 20 barcas llevando cada una 2 toneladas. En el otro extremo, encontramos un buque de 5,50 m. de longitud, marchando a 48 km. por hora; este buque llevaba un motor de 50 caballos y accionaba una hélice aérea de dos palas. Estos resultados que se pueden considerar como extremos, son del todo comparables con los que se podrían obtener con propulsores inmergidos accionados por potencias motrices iguales.

Todos los principales tipos de motores han sido empleados para la propulsión aérea, motores semi-Diesel, motores de parafina y petróleo, estos últimos solamente para los buques rápidos. Se emplea siempre la transmisión por cadena, de modo que se puede dar al propulsor la velocidad más conveniente para tener un buen rendimiento. Es una gran ventaja este sistema, pues no hay que preocuparse de la velocidad del motor cuando se estudia una instalación.

Es casi regla general el hacer las hélices de dos palas, aun que no hay razón para no emplear las de tres o cuatro palas, sobre todo cuando conviene obtener una superficie un poco grande. Hay un punto que examinar, y es el peligro que representa un propulsor aéreo girando a gran velocidad, pero dicho inconveniente se le reduce al mínimo, empleando protectores de tela metálica. La corriente violenta de aire producida por la hélice constituye otro inconveniente, aunque de orden secundario, no buscándose precisamente el confort en las aplicaciones de esta clase.

No es fácil que la propulsión aérea sea llamada a sustituir a la hélice sumergida, pues, en la inmensa mayoría de casos no reportaría ninguna ventaja y hasta en algunos presenta inconvenientes reales. Pero es también cierto que en algunos casos especiales, la aplicación de la hélice sumergida es difícil y hasta imposible y en estos casos es cuando la propulsión aérea tiene un campo extenso de aplicación.